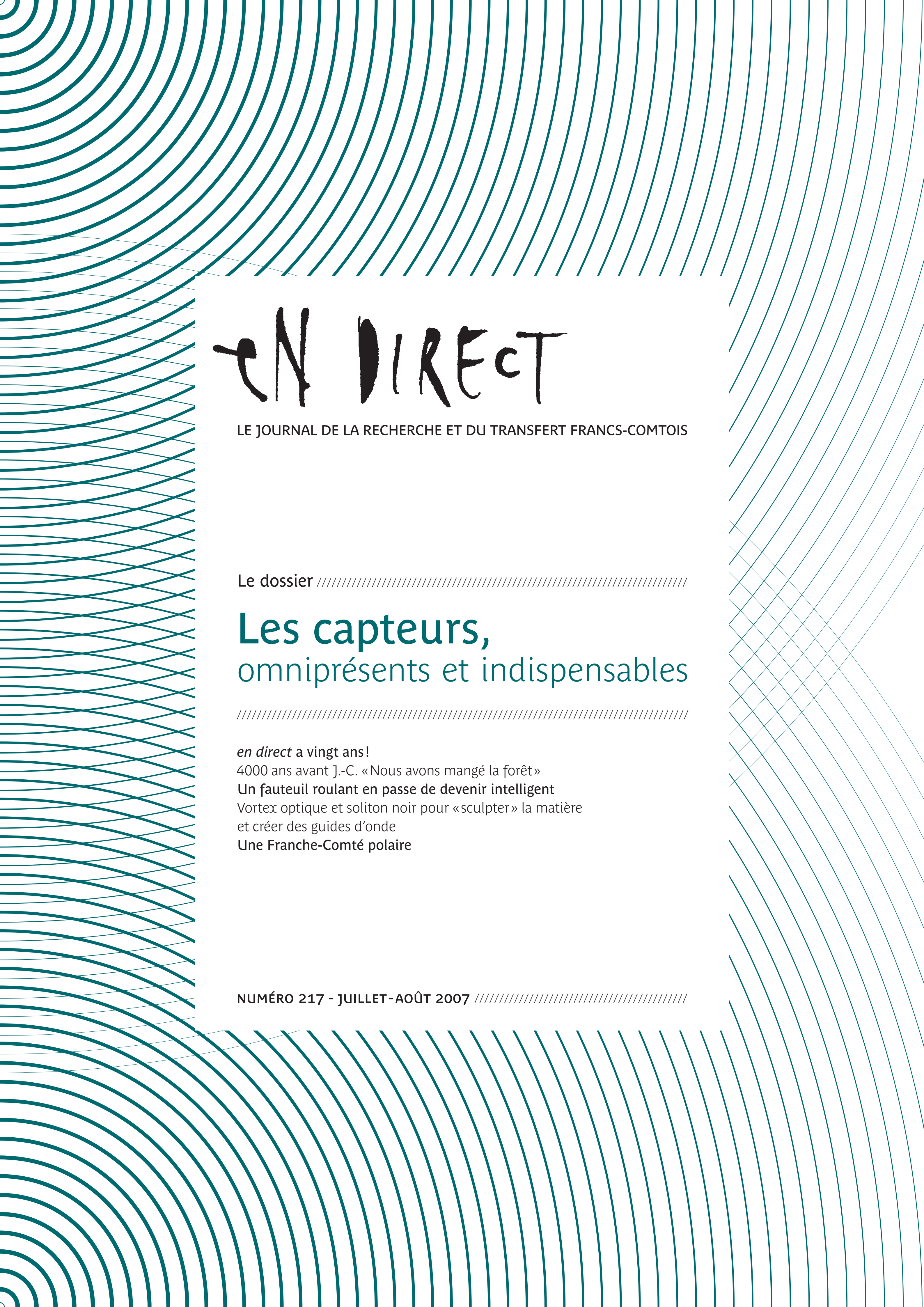


en direct

LE JOURNAL DE LA RECHERCHE ET DU TRANSFERT FRANCS-COMTOIS

Le dossier

Les capteurs,
omniprésents et indispensables

en direct a vingt ans !

4000 ans avant J.-C. « Nous avons mangé la forêt »

Un fauteuil roulant en passe de devenir intelligent

Vortex optique et soliton noir pour « sculpter » la matière et créer des guides d'onde

Une Franche-Comté polaire

NUMÉRO 217 - JUILLET-AOÛT 2007

LE SOMMAIRE

en direct a vingt ans !

Favoriser le dialogue et les actions entre les laboratoires et les acteurs socio-économiques (entreprises, collectivités territoriales...), cette préoccupation n'est pas nouvelle à l'université de Franche-Comté. Pour preuve, le journal *en direct* a été créé il y a 20 ans pour y répondre.
Au fil des années, parce que la recherche et l'innovation se dessinent à l'échelle régionale, *en direct* s'est vu s'enrichir des participations de l'école nationale supérieure de mécanique et des microtechniques (ENSMM), de l'université de Neuchâtel, de l'université de technologie de Belfort - Montbéliard (UTBM) et de l'institut de productique, avec le soutien du conseil régional de Franche-Comté, de la DRIRE et des conseils généraux.
Aujourd'hui, tandis que l'université de Neuchâtel le quitte pour des raisons économiques, l'institut Pierre Vernier, Franche-Comté innovations et transfert, le rejoint.
Alors qu'il prend sa place comme journal de la recherche et du transfert francs-comtois, l'occasion est belle pour faire évoluer le journal et le penser comme un outil d'informations, mais aussi de synthèse et de prospectives sur les thématiques de prédilection de la région. Espérons qu'il réponde à vos attentes... ou qu'il les anticipe !

Les universités de Bourgogne et de Franche-Comté s'associent pour faire rayonner leur territoire à l'échelle européenne

Le pacte pour la recherche, qui s'est concrétisé par la loi de programme du 18 avril 2006 pour la recherche, prévoit un réaménagement de l'organisation territoriale de l'enseignement supérieur et de la recherche, en incitant à la création de PRES – pôle de recherche et d'enseignement supérieur. Ce dispositif a pour but de fédérer et de mutualiser certaines compétences et ressources entre les universités et les organismes de recherche publique et/ou privée au sein d'un territoire.
Voilà qui est chose faite en Bourgogne - Franche-Comté, où les deux universités de plein exercice sur le territoire viennent de signer la constitution d'un PRES. La formule adoptée est celle d'une convention engageant les deux établissements à se développer de manière concertée et complémentaire.
Les enjeux sont d'ordre géopolitique et se dessinent à l'échelle européenne. La Franche-Comté et la Bourgogne se situent à proximité de la fameuse « banane bleue », cette zone géographique qui s'étend de Londres à Turin, caractérisée par des bassins d'emploi à haute et moyenne haute technologies. Elles n'y sont pour autant pas intégrées.
La constitution d'un PRES « Bourgogne - Franche-Comté universités », en créant un ensemble fort de 50 000 étudiants, dont les formations (qui pourront être cohabilitées) seront adossées à des équipes de recherche complémentaires (2 500 enseignants-chercheurs, 1 800 doctorants), permet de s'insérer dans cette dynamique. Il permettra, en outre, de renforcer les liens avec Bâle, Neuchâtel, Fribourg, Lausanne dans le cadre du réseau métropolitain Rhin-Rhône. Cette perspective se dessine d'autant mieux que les grands équilibres interrégionaux vont se trouver profondément modifiés par l'arrivée de la ligne ferroviaire à grande vitesse Rhin - Rhône.

Contact : Claude Condé
Présidence - Université de Franche-Comté
Tél. 03 81 66 50 03 - claude.conde@univ-fcomte.fr

« Peugeot à Sochaux – des hommes, une usine, un territoire »

L'entreprise Peugeot à Sochaux, ce sont 42 000 personnes au plus fort des effectifs (au début des années 1970), c'est un site qui a modelé le tissu urbain, c'est un rythme donné à une région. Jusqu'à la découverte et l'exploitation d'un fonds photographique de deux millions de clichés par des chercheurs du laboratoire RECITS – recherche sur les choix industriels, technologiques et scientifiques – de l'UTBM, l'histoire du site phare de Peugeot et de l'exception sochalienne était méconnue.

*Peugeot à Sochaux – des hommes, une usine, un territoire** vient maintenant la raconter, étayée d'une iconographie largement inédite. Mutations technologiques, mais aussi évolutions organisationnelles – du taylorisme à l'introduction de la démarche qualité –, politiques et conflits sociaux, communication, imbrication de l'usine et de son territoire, tout ceci est détaillé dans cet ouvrage. Et pourtant, l'histoire ne serait rien sans les hommes et les femmes qui l'ont vécue. Et ce sont bien eux qui sont au centre de ce livre « grand public », écrit par Robert Belot et Pierre Lamard, historiens à l'UTBM.

* *Éditions Lavauzelle, collection « Histoire, mémoire et patrimoine ».*
www.lavauzelle.com

Contact : Pierre Lamard - Robert Belot
Laboratoire RECITS - UTBM - Tél. 03 84 58 32 37
pierre.lamard@utbm.fr - robert.belot@utbm.fr

« Nouvelles Europes – trajectoires et enjeux économiques »

Ce livre, *Nouvelles Europes – trajectoires et enjeux économiques*, est une invitation à entrer dans la complexité vivante de l'Europe de l'Est en mutation. Alors que s'achève le cinquième élargissement européen, il propose une analyse des transformations économiques de l'Europe centrale et orientale. Sur la base d'une approche thématique cohérente, il insiste sur la variété des trajectoires est-européennes, en abordant successivement :

- les régimes de propriétés
- les aspects monétaires
- les formes de distributions alimentaires
- les marchés du travail et les régimes de retraite
- la responsabilité sociale des entreprises
- les investissements directs étrangers
- la diversité des capitalismes.

Dans cet ouvrage collectif, les auteurs, universitaires et acteurs de différents pays européens, amènent les lecteurs à porter un regard nouveau sur l'une des transformations majeures de notre monde contemporain.

Il est édité par le pôle éditorial multimédia de l'université de technologie de Belfort - Montbéliard, sous la direction de Petia Koleva, Nathalie Rodet-Kroichvili et Julien Vercueil.

Contact : Yves Lequin
Pôle éditorial multimedia - UTBM
Tél. 03 84 58 32 73 - yves.lequin@utbm.fr

« RH : les meilleures pratiques du CAC 40 / SBF 120 »

L'objectif de départ de cet ouvrage est ambitieux : proposer, sur la base d'enquêtes de terrain, une analyse des différentes pratiques en gestion des ressources humaines, des entreprises du CAC 40 et du SBF 120 (société des bourses françaises).
Il en résulte un bilan inédit, de précieuses comparaisons et des prospectives sur les pratiques choisies dans les entreprises les plus capitalisées.
Les auteurs, Frank Bournois, Jacques Rojot, Jean-Louis Scaringella et Sébastien Point – ce dernier, maître de conférences à l'université de Franche-Comté –, tous enseignants-chercheurs en gestion des ressources humaines et consultants de direction générale, ont souhaité ainsi amener des éléments de réponse aux professionnels en RH qui s'intéressent aux évolutions innovantes dans leur profession.

Contact : Sébastien Point
Institut d'administration des entreprises
Université de Franche-Comté - Tél. 03 81 66 66 43
sebastien.point@univ-fcomte.fr

Science des mécanismes et des machines

La plus grande réunion mondiale de la discipline a eu lieu à Besançon

Le 12e congrès mondial de l'association IFToMM – *International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science* –, était organisé par

le département de mécanique de FEMTO-ST. C'est la première fois que ce congrès, qui se réunit tous les quatre ans, a eu lieu en France.
Les spécialistes mondiaux – plus de sept cents personnes – sont venus communiquer autour des grandes thématiques de la discipline : engrenages et transmissions, interface homme - machine, mécatronique, robotique, tribologie, biomécanique, micromécanismes, oscillations non-linéaires… mais aussi histoire de la discipline. Les quelque 580 communications retenues ont été sélectionnées par le comité scientifique sous la direction de Jean-Pierre Merlet, directeur de recherche INRIA à Sophia-Antipolis.
Une belle façon de marquer l'importance (scientifique et technologique) de la Franche-Comté dans cette discipline.
Un hall d'exposition était également dédié aux entreprises et structures qui souhaitent montrer leurs savoir-faire et compétences dans ces domaines.

Contact : Marc Dahan
Département LMARC - Institut FEMTO-ST
Université de Franche-Comté / UTBM / ENSMM / CNRS
Tél. 03 81 66 60 36
marc.dahan@univ-fcomte.fr
http://www.iftomm2007.com

Université d'été francophone en santé publique

Du 1er au 6 juillet 2007 à Besançon

La promotion de la santé, concept né avec la charte d'Ottawa (OMS, 1986), se situe dans une double perspective : permettre aux populations d'améliorer leur santé en leur donnant les moyens d'un contrôle sur celle-ci et faire de la santé une ressource de la vie quotidienne et non un but dans la vie.
Se placer dans cette perspective nécessite d'intégrer des champs très divers (prévention, organisation des politiques publiques, évaluation, éducation à la santé), pour lesquels l'offre de formation reste succincte.
C'est pourquoi l'université de Franche-Comté et l'URCAM de Franche-Comté organisent, depuis quatre ans maintenant, cette université d'été. Cette année, de nouveaux modules sont proposés : « Politiques de santé : du national au local… ou inversement ? », « Coopération Nord / Sud en santé publique : approche sociopolitique, stratégique et organisationnelle », « Pratiques communautaires en santé », « Activité physique et promotion de la santé ».
Professionnels en activité, élus ou usagers œuvrant au sein d'institutions ou d'associations des champs sanitaires, sociaux ou éducatifs… pourront ainsi trouver des éléments de réflexion et des outils pour améliorer leurs connaissances et leurs pratiques.
De plus, des conférences et des tables rondes « controverses » sont organisées pour tous publics (le programme peut être consulté sur le site).

Contact : Solène Boichat
UFR des sciences médicales et pharmaceutiques
Université de Franche-Comté
Tél. 03 81 66 55 75
Fax 03 81 66 58 69
sboichat@univ-fcomte.fr
http://www.urcam.org/univete/index.htm

4000 ans avant J.-C. « Nous avons mangé la forêt »*

Du 11 juillet au 26 août 2007 à la salle des fêtes de Clairvaux-les-Lacs (39)

Les villages littoraux néolithiques de Chalain et de Clairvaux (Jura), reconnus aujourd'hui d'importance européenne en raison de l'excellente conservation des vestiges sous le niveau de l'eau, sont fouillés depuis une trentaine d'années et permettent de suivre l'histoire cyclique des relations entre l'homme et la forêt. Les résultats de ces recherches sont présentés au public par une exposition qui raconte la vie quotidienne des hommes du Néolithique qui ont cherché refuge au bord des lacs de Chalain et de Clairvaux entre 4000 et 2000 avant notre ère. Cette année, l'accent est mis sur la forêt, environnement immédiat des cultivateurs néolithiques, encore partout présente et toujours exploitée pour l'agriculture et l'élevage du bétail.
Cette exposition est produite par le centre de recherche archéologique de la vallée de l'Ain, en

collaboration avec le laboratoire de chrono-écologie (université de Franche-Comté / CNRS) et le service régional de l'archéologie de la DRAC de Franche-Comté.

* *Le titre de l'exposition est emprunté à G. Condominas qui a écrit un livre éponyme publié au Mercure de France (1974).*

Contact : Annick Richard
(DRAC - SRA de Franche-Comté)
Laboratoire de chrono-écologie (UMR 6565)
Université de Franche-Comté
Tél. 03 81 25 54 14
annick.richard@culture.gouv.fr

La psychologie sociale appliquée aux problèmes sociaux

Du 29 au 31 août 2007 à Besançon

Comment la psychologie sociale peut-elle comprendre et résoudre des problèmes dans les champs de la santé, du travail, de la justice, de l'urbanisme, de l'environnement… dans tous ces champs où des mécanismes sociaux sont à l'œuvre ?
Le 8e colloque international de psychologie sociale appliquée (CIPSA) tentera d'apporter des éléments de réponse à ces questions, en montrant les va-et-vient possibles – et utiles – entre théorisation et étude de situations concrètes. Des sujets tels que « Environnement urbain et qualité de vie », « Quelles ressources organisationnelles mettre en place au travail pour un engagement du personnel et un meilleur bien-être », « Comment passer des idées aux actes pour l'écocitoyenneté », « Comment diminuer les comportements infractionnistes de conducteurs », « La prévention contre le tabagisme » seront abordés lors de ces trois journées de rencontres.

Elles sont co-organisées par le laboratoire de psychologie EA 3188 de l'université de Franche-Comté et l'association ADRIPS – association pour la diffusion de la recherche internationale en psychologie sociale. Des informations sont disponibles à l'adresse suivante : http://slhs.univ-fcomte.fr/rech/psycho/colloque/social/index.htm

Contact : Didier Truchot
Laboratoire de psychologie
Université de Franche-Comté
Tél. 03 81 66 54 38
didier.truchot@univ-fcomte.fr

Le Moyen Âge et la littérature de jeunesse : créations, recréations

Le 7 septembre 2007 à Besançon

La question soulevée par ces journées d'étude organisées par le Centre Jacques-Petit – Archives, textes et science des textes – de l'université de Franche-Comté, est de comprendre la construction de représentations stéréotypées du Moyen Âge au travers de la littérature pour enfants.
« Créations », le premier volet s'intéressera au Moyen Âge créé plus ou moins de toutes pièces aux XXe et XXIe siècles. Il s'agira d'analyser les modalités et les significations de la représentation de cette époque dans la littérature de jeunesse, comme dans l'univers des jeux.
Le second volet, « Recréations », se penchera sur les héros du « vrai Moyen Âge » pour analyser comment leurs aventures sont racontées, adaptées, aménagées par les auteurs de la fin du XIXe au XXIe siècle.

Contact : Yvon Houssais
IUFM de Franche-Comté
Tél. 03 81 51 48 18
yvon.houssais@fcomte.iufm.fr
caroline.cazanave@tiscali.fr

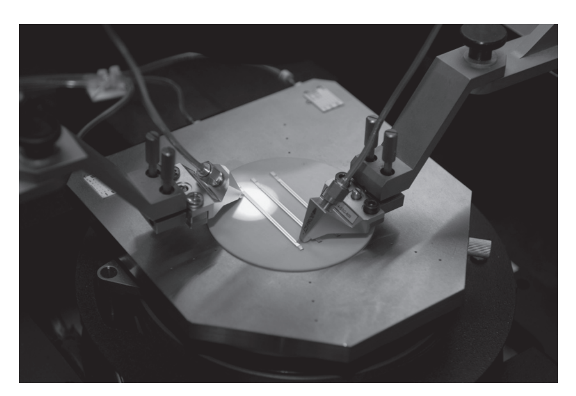
Photline Technologies: l'utilisation de l'optoélectronique ne fait que commencer

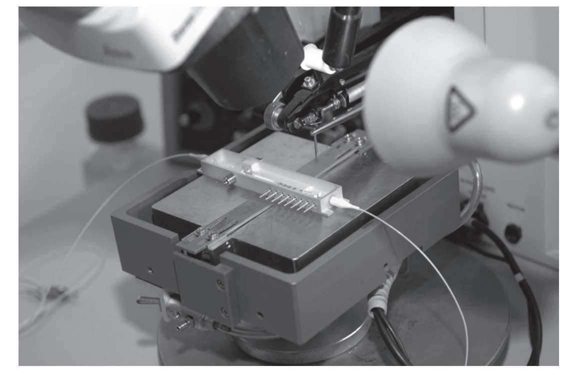
PHOTLINE TECHNOLOGIES est une entreprise typique qui a profité de la loi sur l'innovation de 1999 pour émerger. C'est également l'une des premières sorties de l'incubateur d'entreprises innovantes de Franche-Comté. Son déménagement récent dans des locaux de 1 000 m^2 complètement adéquats à son activité, est l'occasion de revenir sur son histoire. En effet, PHOTLINE peut se targuer d'une belle croissance.

En 2000, trois chercheurs et enseignants-chercheurs se lancent dans l'aventure du transfert et de la commercialisation de leurs résultats de recherche. L'équipe optoélectronique du département d'optique de l'institut FEMTO-ST, alors dirigée par J.P. Goedgebuer, maintenant directeur scientifique de PSA, développe depuis de nombreuses années des recherches fondamentales sur les modulateurs optiques. Ces composants transforment des signaux électriques en signaux optiques presque sans pertes et de façon ultrarapide (cf. *en direct* n° 189, novembre 2004). Les modulateurs peuvent servir à injecter l'information dans les fibres optiques très haut débit. Ils sont construits à base de niobate de lithium, un cristal étonnant pour ses propriétés électro-optiques, mais particulièrement dur à usiner. Ainsi, PHOTLINE est née. Parce que l'idée lui avait été soufflée par ALCATEL et de par l'histoire du laboratoire, la future PME envisage surtout des marchés dans les télécommunications.
2001 et l'éclatement de la « bulle internet » sur les marchés financiers lui ont donné des sueurs froides. Mais finalement, sept ans plus tard, il s'avère que les débouchés se sont incroyablement diversifiés. Une grosse part des 1,6 million d'euros du chiffre d'affaires de 2006 est réalisée sur le marché des capteurs (pour la surveillance d'ouvrages d'art, par exemple), mais aussi dans la défense, l'aérospatiale ou les lasers industriels. Avec un taux de croissance de 46 % de 2005 à 2006 et une équipe qui s'est étoffée de 17 personnes, la PME se porte bien.

Dans un secteur hautement concurrentiel – bien que les entreprises se comptent sur les doigts de deux mains, surtout aux États-Unis et en Asie – les modulateurs de PHOTLINE se distinguent par une forte maîtrise du taux de propagation de la lumière (très peu de pertes quand cela est nécessaire, ou *a contrario* un taux d'extinction important). L'entreprise ne renie pas ses origines puisque 25 % de ses dépenses sont consacrés à la recherche et au développement de nouvelles solutions. Elle continue ainsi à participer à des projets ANR et est associée avec FEMTO-ST et une autre jeune entreprise – SMART QUANTUM – à un projet sur le cryptage quantique de l'information.
Par ailleurs, une de ses pistes de développement consiste à proposer à ses clients des émetteurs complets, dans lesquels les modulateurs optiques sont intégrés. Ceci permettrait d'en faciliter l'utilisation.

Contact : Henri Porte - PHOTLINE TECHNOLOGIES
Tél. 03 81 85 31 80 - contact@photline.com


Test micro-onde sur puce modulateur en niobate de lithium


Montage en boîtier d'un modulateur

Les capteurs,

omniprésents et indispensables

Que ce soit pour surveiller un process, *l'analyser et le contrôler, la collecte des informations passe systématiquement par l'utilisation de capteurs. Initialement destinés à la mesure de grandeurs physico-chimiques conventionnelles, les domaines d'application des capteurs se sont beaucoup diversifiés avec notamment l'essor des biotechnologies, les exigences requises étant de plus en plus sévères en matière de miniaturisation, précision, consommation d'énergie et coût. Les grandes tendances dans le domaine des capteurs sont ici explorées, tout en montrant quelles réponses sont apportées par les chercheurs francs-comtois.*

Mesure de la pression des pneus en continu dans une automobile, analyses biochimiques en milieu hospitalier, manipulation d'objets de plus en plus petits, biosurveillance des milieux naturels… La recherche de sécurité dans les systèmes quels qu'ils soient (chaîne de production automobile, aérospatiale, ouvrage d'art) et plus globalement la nécessité qu'il y a, dans de nombreuses situations, à connaître l'état d'un système complexe en temps réel (pour des questions d'asservissement, de surveillance ou de maintenance), créent un besoin considérable dans le développement de nouveaux capteurs.
Qu'ils mesurent des grandeurs physiques, telles que la pression, la température ou l'accélération, ou qu'ils détectent des espèces chimiques ou biologiques, les verrous technologiques et scientifiques résident dans la miniaturisation des capteurs, dans leur autonomie énergétique, dans leur précision, dans leur sélectivité et dans l'intelligence qu'il faut développer pour qu'ils génèrent une information pertinente, lorsqu'ils sont en réseau. Ces nouvelles applications, notamment dans le domaine biomédical, s'ouvrent sur un marché en expansion.

Les laboratoires et centres de transfert francs-comtois participent au développement des capteurs de demain, soit en association avec des entreprises, soit en développant de nouveaux concepts.

Des capteurs sans fil, pour lesquels l'apport d'énergie se fait à distance

Capteurs passifs ou capteurs actifs ? La maîtrise de l'énergie, la consommation et le mode d'alimentation du capteur, sont parmi les problèmes clés.
Pour certaines applications (imaginez que le capteur soit intégré dans une roue de voiture, par exemple, ou dans n'importe quel système en rotation), il est impensable d'envisager une liaison filaire. Les capteurs à onde de surface sont, dans ce cas, des candidats idéaux car l'énergie nécessaire à leur fonctionnement leur est communiquée par une onde électromagnétique. De plus, celle-ci sert en même temps de support d'information. Ce type de capteur utilise du quartz dont le caractère piézoélectrique permet d'engendrer une onde acoustique à partir de l'onde électromagnétique. Au cours de sa propagation le long du capteur, ses caractéristiques changent en fonction de l'évolution des caractéristiques physiques du milieu (pression, température…). Par effet piézoélectrique inverse, une onde électromagnétique est émise, porteuse de l'information recherchée.
Les capteurs à onde de surface, développés notamment au département LPMO de l'institut FEMTO-ST avec toute l'électronique nécessaire à l'interrogation à distance et à la récupération de l'information, sont dits « passifs ». Ils peuvent subir des conditions beaucoup plus sévères en température que les capteurs issus de la microélectronique. Outre le fait qu'ils ne nécessitent aucun apport d'énergie, ce qui les rend particulièrement nomades, leurs atouts résident également dans leur compacité et leur coût. Dans l'analyse du signal, on retrouve des problématiques propres au temps-fréquence dans lesquelles Besançon excelle.
Les matériaux piézoélectriques se prêtant peu à la fabrication collective, une des pistes de développement du laboratoire consiste à rendre ces capteurs compatibles avec les technologies silicium propres à la microélectronique. En travaillant avec le monde industriel (TEMEX et SENSeOR, notamment), l'objectif de l'équipe est de concevoir des systèmes directement adaptables aux conditions industrielles.
Comme ces capteurs sont à sortie de fréquence (et non pas de tension ou de courant), aucune conversion n'est nécessaire pour récupérer le signal. Leur exploitation est donc beaucoup plus facile, sans perte. D'ailleurs, des capteurs de température et de pression interrogeables à distance ont été développés conjointement par FEMTO et SENSeOR. Une électronique d'interrogation de ces capteurs passifs nomades a fait l'objet d'un transfert entre ces deux organismes dans le but d'une exploitation industrielle, déjà initiée. Pour des applications plus exigeantes en matière de précision, le département LCEP de FEMTO-ST, spécialiste des cristaux piézoélectriques massifs comme le quartz et de leur usinage, développe également, mais à des fréquences moins élevées – et donc avec une récupération filaire des données et non plus par voie hertzienne –, des

capteurs de température, de pression, d'accélération ou des gyromètres, notamment dans le cadre de contrats avec les grands comptes (SCHLUMBERGER et SAGEM, par exemple). La précision et l'efficacité de ces capteurs dépendent de la « taille » du cristal : c'est-à-dire du plan de coupe adopté en fonction des grandeurs à mesurer et des techniques d'usinage. La méthodologie développée au LCEP a été transférée à une *start-up*, µUSM, actuellement dans le giron de l'incubateur d'entreprises innovantes de Franche-Comté. En utilisant l'usinage par ultrasons, µUSM réalise des capteurs monolithiques, ce qui permet, entre autres, une meilleure tenue dans le temps et facilite le *packaging*.

Les développements actuels, en conception et en moyens technologiques, sont orientés vers la miniaturisation, l'intégration et la réduction des coûts, enjeux particulièrement recherchés.

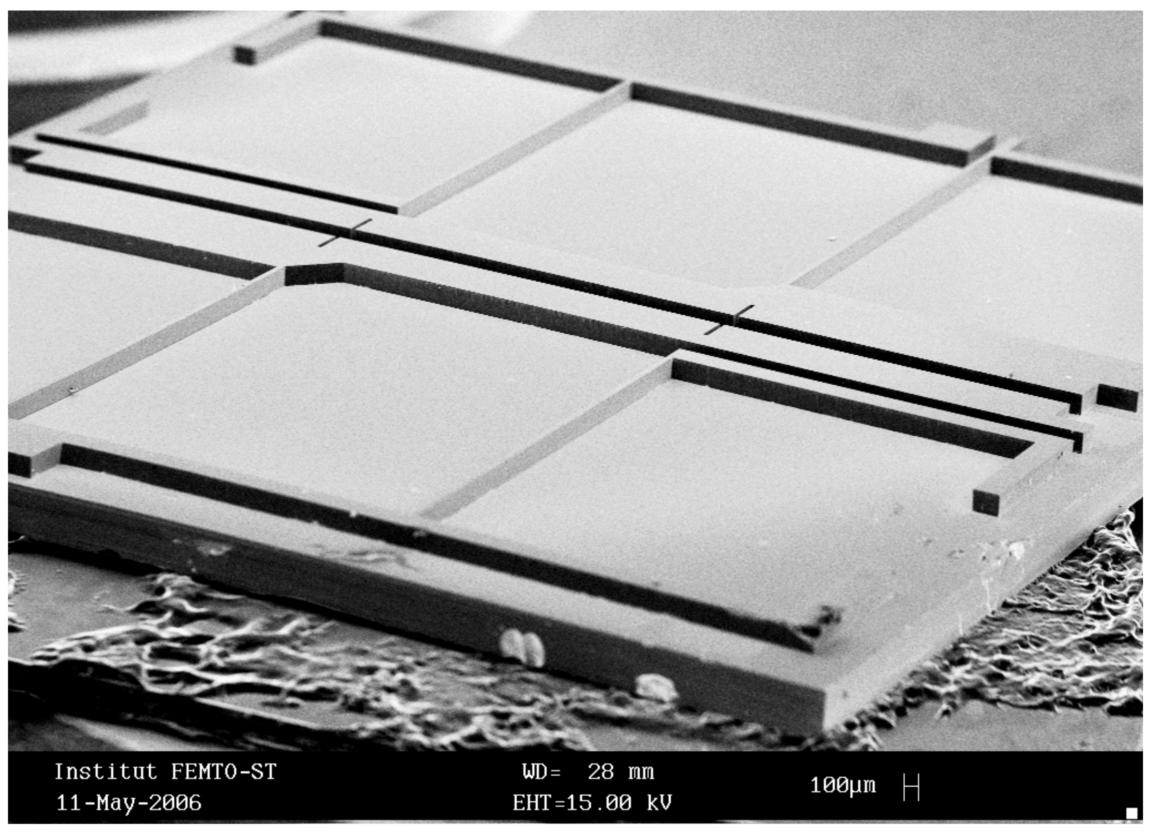
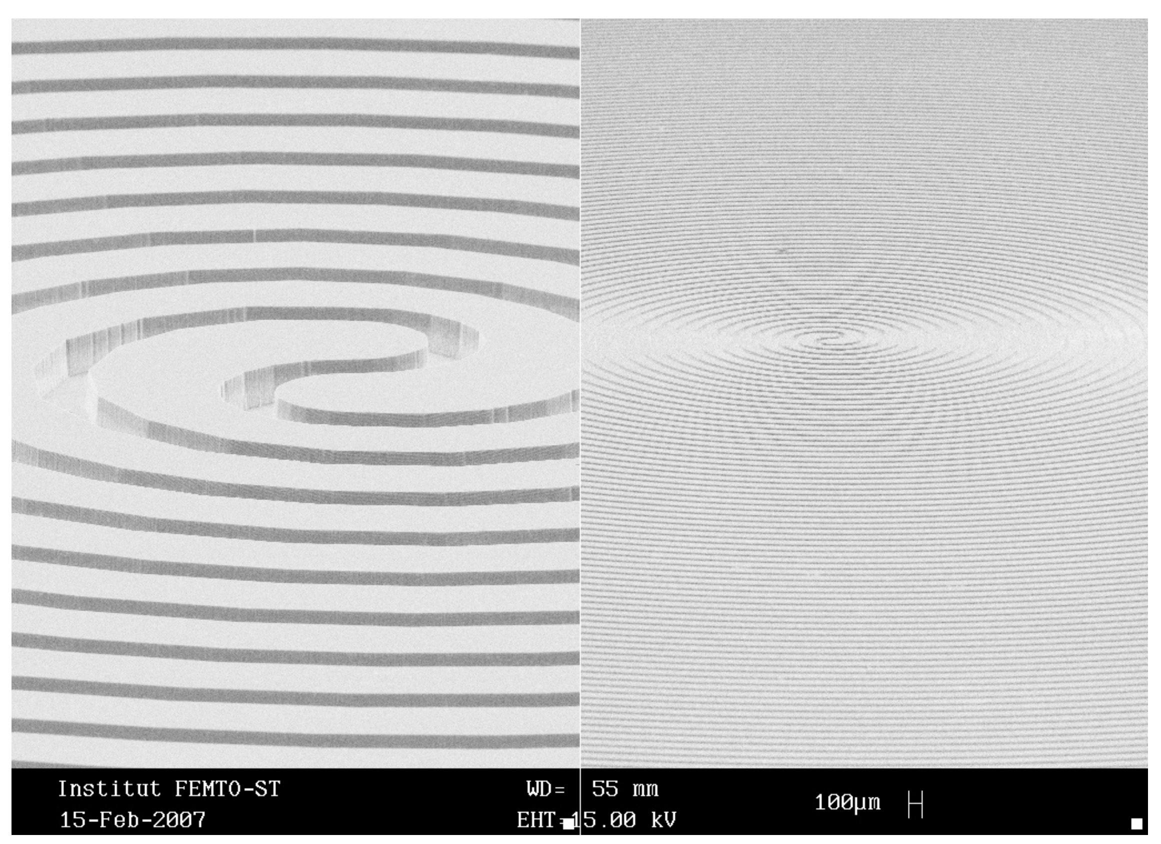


Image au microscope électronique à balayage d'un capteur acoustique à onde de surface (institut FEMTO-ST)

La miniaturisation: maître mot de la recherche et du développement des capteurs

Pour différentes raisons, parce que l'on cherche à construire des appareils de plus en plus nomades, parce que la multiplication des capteurs pour un système génère finalement un poids non négligeable, parce que limiter la consommation de l'énergie est un enjeu important…, le défi technologique majeur que tentent de relever tant les chercheurs que les industriels est celui de la miniaturisation des capteurs.

À ce titre, l'exemple du capteur de gaz conçu par le laboratoire de microanalyses nucléaires Alain Chambaudet (LMN-AC) en partenariat avec le CEA et la plateforme technologique de FEMTO-ST est révélateur. La problématique est ambitieuse : comment créer un microcapteur de gaz très sélectif, aussi sensible que les appareils de laboratoire et suffisamment stable ? Si les applications militaires sont assez évidentes, il en



Microcolonne de chromatographie (LMN-AC – Université de Franche-Comté)

est d'autres concernant la vigilance sur les milieux, notamment domestiques, et la lutte contre la pollution. Construit à partir des technologies salle blanche de la microélectronique, ce capteur associe deux parties : la détection proprement dite est effectuée grâce à une couche de semi-conducteur, le dioxyde d'étain, qui transforme l'adsorption chimique en un signal électrique ; la sélectivité, quant à elle, est obtenue grâce au développement d'une microcolonne de chromatographie, qui prend la forme d'une double spirale gravée dans le silicium, tapissée d'une phase stationnaire (cf. illustration). Un mélange gazeux, injecté en entrée, est séparé en ces différentes composantes le long de son passage dans la microcolonne. Ces dernières sont ensuite détectées par le capteur de gaz. Si l'assemblage d'une microcolonne chromatographique avec un microcapteur a fait ses preuves, il reste maintenant à les intégrer dans un seul composant.

En plein boom: les biocapteurs

Avec des applications en agroalimentaire, dans le domaine militaire, en protection de l'environnement et dans le milieu médical pour automatiser des tâches courantes, les biocapteurs connaissent un essor considérable. Le taux de croissance annuel est estimé à 60 %, avec un marché mondial d'environ 17 milliards d'euros.

Ce terme très générique cache des technologies très diversifiées, qui reposent sur la conversion d'un signal biologique (une réaction antigène / anticorps, une hybridation de brins d'ADN ou une complexation biochimique…) en un signal électrique, optique ou à sortie de fréquence.

Dans le monde médical, l'objectif est de développer des systèmes à bas coûts, donc souvent jetables (ce qui est moins onéreux que de prévoir une aseptisation à chaque utilisation).

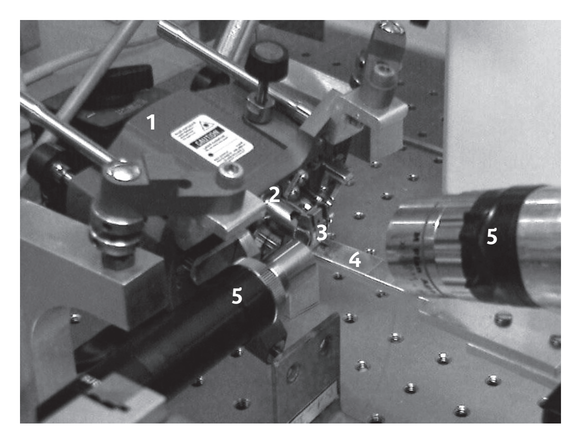
À titre d'exemple, un projet soutenu par l'ANR dans la catégorie « Émergence » est porté par FEMTO-ST et le cancéropôle Grand Est. Son but est de concevoir un

détecteur de cellules cancéreuses dans les mélanomes (cancers de la peau).
Le principe de détection repose sur la fluorescence. En effet, le temps de déclin de la fluorescence des cellules dépend de leur environnement. Ce paramètre est suffisamment fiable pour discriminer une cellule dans un environnement sain d'une cellule faisant partie d'un groupe cancéreux. Autre exemple, soutenu celui-ci et par l'ANR et par le pôle de compétitivité « Microtechniques », le projet MÉDICALIP qui devrait permettre la mise au point de capteurs susceptibles de détecter la présence d'un virus particulier, le cytomégalovirus, suspecté d'intervenir dans les accouchements prématurés. De plus, l'infection des nouveau-nés peut entraîner une expression clinique tardive et des séquelles neurosensorielles graves. Actuellement, le dépistage se fait dans des conditions douloureuses pour les enfants, avec une technique classique de prélèvement de sang et de mise en culture. Afin de détecter précocement les enfants infectés, les suivre et prendre en charge rapidement les conséquences cliniques, un diagnostic rapide et aisé au lit du patient représenterait donc une avancée majeure. Le but du consortium créé autour de MÉDICALIP* revient à fabriquer et à étudier les performances diagnostiques d'un microsystème embarqué de détection de cette infection. Quand il s'agit de nouveau-nés, le moindre prélèvement est compliqué. L'objectif ici est donc aussi de réduire considérablement la quantité de liquides biologiques nécessaires au diagnostic. Un troisième projet, mené par FEMTO-ST et l'EFS – établissement français du sang – est particulièrement significatif des potentialités des biocapteurs. Il consiste à automatiser et à gérer « en flux tendu » les contrôles de compatibilité entre le sang d'un donneur et celui d'un receveur, à créer, en quelque sorte, un transfuseur intelligent. Automatiquement et systématiquement, les sangs sont mis en contact et un détecteur optique mesure si une réaction d'agglutination a eu lieu. En fonction du résultat, la vanne s'ouvre ou pas. Sans intervention humaine, ce système serait plus rapide et plus sûr : tout contact entre le technicien et le sang est évité.
Dans le domaine des applications biologiques, les capteurs acoustiques à onde de surface au département LPMO sont également mis à l'épreuve. En effet, leur surface peut être fonctionnalisée par des récepteurs biochimiques, tout en gardant les avantages liés à ces capteurs. Une adsorption ou une réaction chimique va changer la propriété de la surface et donc être détectée. FEMTO-ST travaille en collaboration avec la société SENSeOR sur ces projets.

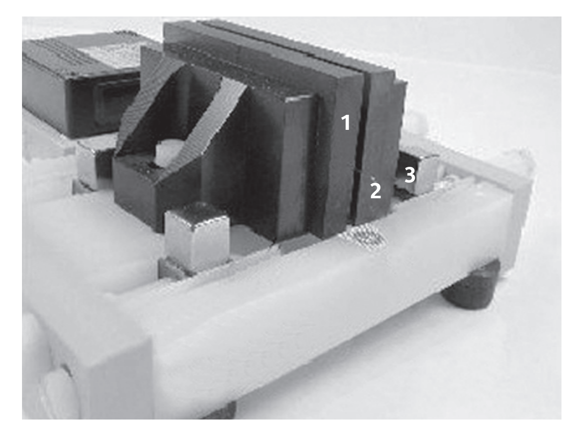
** Outre FEMTO-ST, participent à ce projet l'université de Toulouse, le CHU de Besançon et les entreprises STATICE SANTÉ et ALCYS.*

La mesure des forces dans le micromonde

Le terrain de jeu du LAB – laboratoire d'automatique de Besançon – se mesure en micromètres. Aussi, avant de manipuler des objets de cette taille, il est primordial de caractériser finement les forces auxquelles ils sont soumis. Le laboratoire développe pour cela des outils et des méthodologies spécifiques. Avec l'institut des systèmes intelligents et robotique de l'université Pierre et Marie Curie (Paris), le LMS – laboratoire de microanalyse des surfaces – de l'ENSMM, il s'est engagé à concevoir une plateforme de caractérisation qui sera, à terme, ouverte aux utilisateurs extérieurs (laboratoires et entreprises). L'enjeu est de combler le manque de connaissances sur le comportement des objets possédant une taille entre la centaine de nanomètres et cent micromètres, notamment concernant les effets d'adhésion prépondérants à cette échelle. Pour cela, l'équipe propose de détourner le fonctionnement classique d'un AFM – microscope à force atomique – en faisant évoluer le système pour qu'il soit capable de mesurer les forces d'interactions pour des objets de forme quelconque.
La lévitation passive est une autre piste suivie par le LAB. Une tige en verre lévite dans une enceinte constituée d'un aimant et de graphite diamagnétique. Le système peut être assimilé à un dynamomètre, où le ressort serait magnétique, et possédant une constante de raideur très faible (même ordre de grandeur que pour un levier de microscope à force atomique). C'est le déplacement de la tige, mesuré par un laser, qui permet de déterminer la force. Actuellement opérationnel sur un degré de liberté, le principe peut être étendu aux trois degrés de liberté, en remplaçant le graphite par de l'eau (cf. photos). Ce capteur à flottaison passive actuellement en cours d'étude devrait permettre de constituer une plateforme sensible qui sera utilisée par l'équipe « génétique et reproduction » du CHU de Besançon, afin de caractériser l'élasticité des membranes d'un ovule.

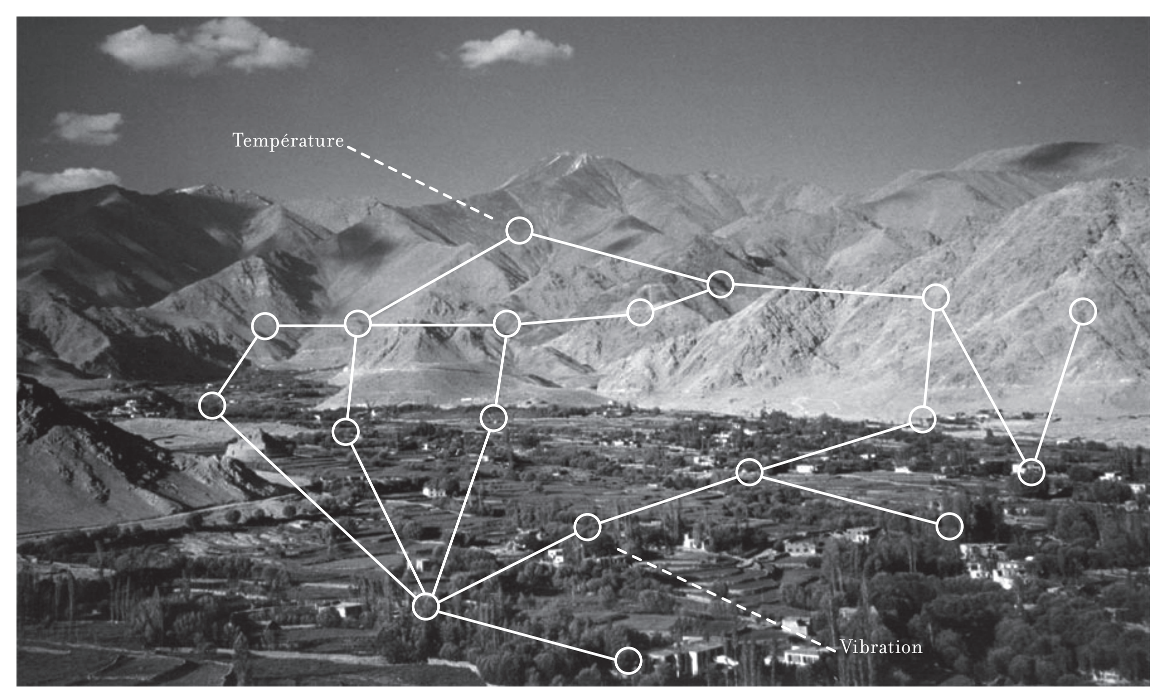


Système de mesure à l'horizontale d'une microforce avec un AFM
1. tête / 2. actionneurs piézoélectriques / 3. microlevier
4. porte échantillon / 5. systèmes de vision



Capteur de microforces à lévitation passive
1. matériau diamagnétique / 2. tige en verre / 3. aimant

Des capteurs communicants, reliés entre eux



Un réseau de capteurs peut aider à prévenir des catastrophes (tremblement de terre, éruption volcanique...)

À l'instar des capteurs sismiques installés au Japon pour fermer les vannes de gaz et qui ont permis *a posteriori* de reconstituer l'onde de propagation d'un tremblement de terre, les réseaux de capteurs sont un outil puissant de surveillance et de contrôle d'un environnement dont le potentiel est renforcé par l'avènement du « sans fil ». Pour autant, des verrous d'ordre théorique sont encore à lever, que l'on retrouve quels que soient les systèmes à surveiller. Imaginons un territoire maillé de capteurs collectant une information. Il est nécessaire que ces capteurs dépensent le moins d'énergie possible pour qu'ils gagnent en durée de vie, donc en autonomie. Ce principe engendre des contraintes en termes de

sollicitations, de mode de transmission des données (faut-il les stocker puis les transmettre à un nœud ou les transmettre en continu ?). Il s'avère qu'une structure hiérarchique de microcapteurs, chacun relié à un nœud, lui-même relié à un autre nœud de complexité croissante, offre la meilleure efficacité. Les travaux concernent également l'agrégation des données, nécessaire à l'analyse de l'information récoltée. Si, dans un espace naturel par exemple, 500 capteurs envoient en même temps un signal de feu au même récepteur (ou « maître »), le risque encouru est celui d'un crash de ce maître. Les problèmes à résoudre sont donc typiquement des problèmes d'optimisation : comment gérer un accès concurrent au réseau pour éviter les congestions, et comment gérer les tolérances aux pannes (c'est-à-dire pallier la défection d'un capteur). À ces difficultés, s'ajoute la préoccupation de la sécurité : comment protéger les informations sur le réseau ? Comment rendre ce réseau transparent aux autres champs électromagnétiques, type portables ? Faut-il crypter les données, ce qui demande une énergie supplémentaire, alors que justement la maîtrise de l'énergie est un des problèmes cruciaux ?
Le laboratoire d'informatique de l'université de Franche-Comté, fort de ses compétences en systèmes distribués, travaille sur ces questions depuis deux ans maintenant, en s'associant à divers projets, notamment sur la e-maintenance avec le LAB ou pour créer des réseaux de microcapteurs à ondes acoustiques de surface avec FEMTO-ST.

Les futurs capteurs naissent au cœur de la pluridisciplinarité

Le domaine médical en est un bon exemple : le développement des capteurs de demain fait appel à des disciplines complémentaires. Opticiens, bactériologistes et ingénieurs, physiciens et informaticiens doivent partager leurs connaissances pour proposer des solutions. Cette collaboration a lieu soit entre structures (laboratoires, entreprises ou centre de transfert), soit au sein même d'un laboratoire où des équipes se constituent, à l'instar de l'axe ingénierie biomédicale de l'institut FEMTO-ST, qui recèle des physiciens et des biochimistes.
Grâce à sa pluridisciplinarité, l'université de Franche-Comté est particulièrement armée pour accéder à une reconnaissance internationale dans le domaine des capteurs miniaturisés, avec près d'une centaine de chercheurs qui, de près ou de loin, trempent dans cette activité prometteuse. Pas étonnant pour une région phare en microtechniques, mais aussi couvrant tous les domaines techniques concernés.

La maintenance prédictive, à distance

Déceler les pannes avant qu'elles n'arrivent nécessite de contrôler l'état d'usure d'un système et donc d'installer des capteurs ; anticiper les changements des pièces consommables sous-entend avoir la date de leur mise en service et leur durée de vie… Une quantité d'informations doit ainsi être recueillie, stockée, traitée, analysée pour qui veut mettre en place un système de e-maintenance intelligent.
Le LAB et le LIFC se sont associés pour construire un réseau de capteurs à intégrer dans des systèmes aussi complexes qu'un sous-marin, par exemple. Mais ce réseau n'est qu'une des composantes de la plateforme de e-maintenance. Données constructeur, interventions préalablement effectuées, règles de l'art du service qualité… toutes ces informations, stockées dans des bases, sont gérées en termes de flux et d'accessibilité, et traitées en utilisant la logique floue, l'intelligence artificielle ou les réseaux de neurones. Cette plateforme favorise le travail collaboratif intra-entreprise, entre ses différents services, ou extra-entreprise, entre les clients et les fournisseurs.

Un fauteuil roulant en passe de devenir intelligent

Il vous emmène partout… et vous protège

Gagner en autonomie sans pour autant prendre davantage de risques est un besoin réel et exprimé par les personnes handicapées moteur lors de leurs déplacements. Des chercheurs et étudiants du laboratoire génie électrique et systèmes de commande de l'UTBM ont équipé un fauteuil roulant d'un dispositif couplant électronique, système de commande et réseau cellulaire pour qu'il puisse communiquer avec son environnement, proche ou lointain, et ainsi être suivi à la trace ou envoyer des signaux de détresse. Les premiers pas vers l'intelligence…



Les nouvelles technologies développées pour la navigation et la communication à distance trouvent des applications particulièrement utiles dans l'aide à la mobilité des personnes handicapées moteur. Un prototype de fauteuil roulant électrique améliorant considérablement l'autonomie des utilisateurs se construit au département génie électrique et systèmes de commande de l'UTBM, en partant d'un châssis donné par la société OTTOBOCK. Équipé de capteurs relativement standard, notamment à ultrasons, il est capable de repérer et d'éviter les obstacles se dressant sur son chemin. Des cartes électroniques assurent l'interface avec l'équipement électrique pour le commander. Mais surtout, grâce à l'intégration de technologies de communication sans fil, utilisant les réseaux cellulaires internationaux GSM et GPRS *via* une carte SIM (celle de nos téléphones portables), le fauteuil est en permanence localisé.

Ainsi, non seulement des capteurs placés sur le fauteuil permettent de tester son état (humidité, vitesse, tension des batteries…), mais en plus, si les informations collectées sont anormales ou inquiétantes, un message d'alerte peut être envoyé automatiquement à un numéro préenregistré ou à une adresse mél, avertissant ainsi un centre de soin ou une personne référente.

Il arrive quand on le siffle

Autre atout, le fauteuil est équipé d'une carte GPS embarquée, gérée par un microcontrôleur. On peut dès lors envoyer un itinéraire par un PDA, que le fauteuil suivra automatiquement. Imaginons alors un système de location de fauteuils roulants à la sortie des gares. La personne handicapée, équipée de son PDA, peut lui demander de venir automatiquement à elle.

Dernier point, celui-ci en cours de développement, et toujours pour gagner en autonomie : l'équipe envisage d'alimenter le fauteuil par une pile à combustible. Ceci contribuerait également à l'utilisation d'énergies propres.

Contact : Minh Dinh Tran
Génie électrique et systèmes de commande
Université de technologie de Belfort - Montbéliard
Tél. 03 84 58 38 56 - Fax 03 84 58 33 86
minh-dinh.tran@utbm.fr

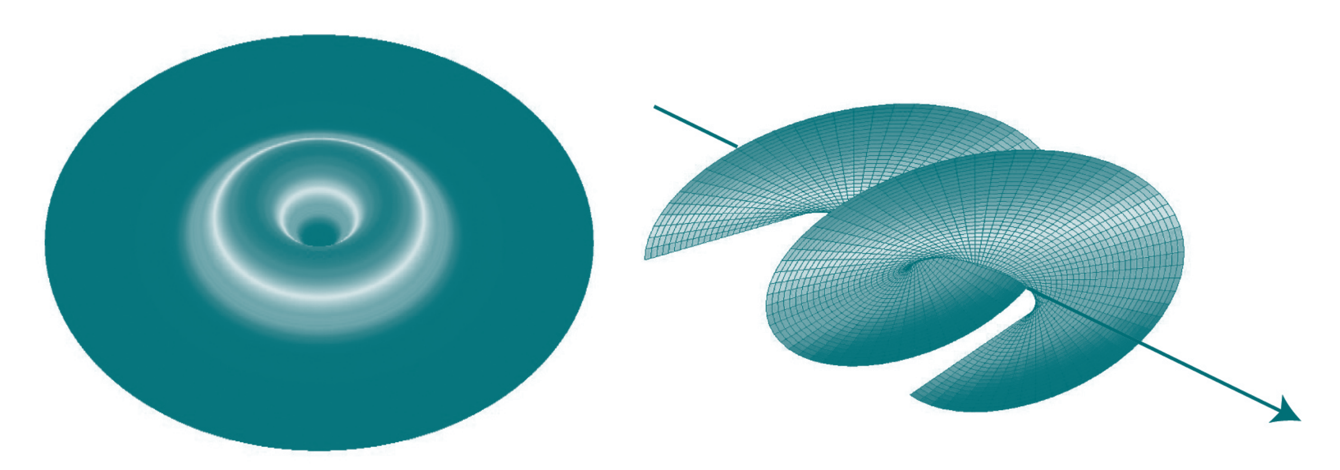
Vortex optique et soliton noir pour « sculpter » la matière et créer des guides d'onde

Les interactions de la lumière avec la matière ne cessent de surprendre. Surtout lorsqu'on « malaxe » et « travaille » la lumière pour lui conférer des propriétés particulières. Elle peut alors transformer certains matériaux en changeant localement et de façon très précise leur indice de réfraction, et ainsi créer des guides d'onde, des chemins dans lesquels une autre onde lumineuse, plus classique, sera conduite.

Un faisceau lumineux, issu d'un laser, est transformé en vortex optique : à l'image d'un tourbillon, la phase de l'onde lumineuse tourne de façon continue autour d'un point central. Le front de l'onde est en forme de spirale et non plus plane ou sphérique, et tourne autour de la direction de propagation. Il existe plusieurs méthodes pour générer de tels faisceaux lumineux. Dans le cas présent, la diffraction d'un faisceau laser classique par un hologramme de phase permet de coder la phase en spirale recherchée pour obtenir un vortex optique.

Un faisceau au cœur noir

Au centre de ce faisceau, toutes les phases entre 0 et 360° coexistent… et s'annulent par interférences destructives. Son cœur est donc complètement noir.
Une des applications de ces vortex optiques est la réalisation de pinces optiques pour le piégeage de particules. En effet, les photons véhiculés par ces vortex possèdent un moment orbital (le vecteur d'onde tourne autour de la direction de propagation du faisceau lumineux) qui peut être transmis aux particules. Elles se retrouvent en rotation, piégées au cœur du vortex. Ce qui en fait une façon de les manipuler.
Mais là n'est pas ce qui intéresse les chercheurs du département d'optique de l'institut FEMTO-ST. Eux cherchent plutôt à les utiliser pour « sculpter » certains matériaux, dits photoréfractifs. Un peu comme une mèche de perceuse vient creuser dans la matière. Sauf que la mèche est de lumière et que le « trou » consiste plutôt en une redistribution des électrons dans la structure cristalline. Ils s'arrachent de certains atomes pour se retrouver sous l'attraction d'autres. Cette redistribution locale a pour effet de changer l'indice de réfraction du cristal à l'endroit du passage du faisceau. Si cette modulation d'indice est suffisante, la lumière sera alors guidée dans le « chemin » ainsi construit.



Profil 3D de l'intensité d'un vortex optique

Profil 3D de la phase d'un vortex optique

Vers la création de guides d'onde sans masques, sans lithographie, sans usinage

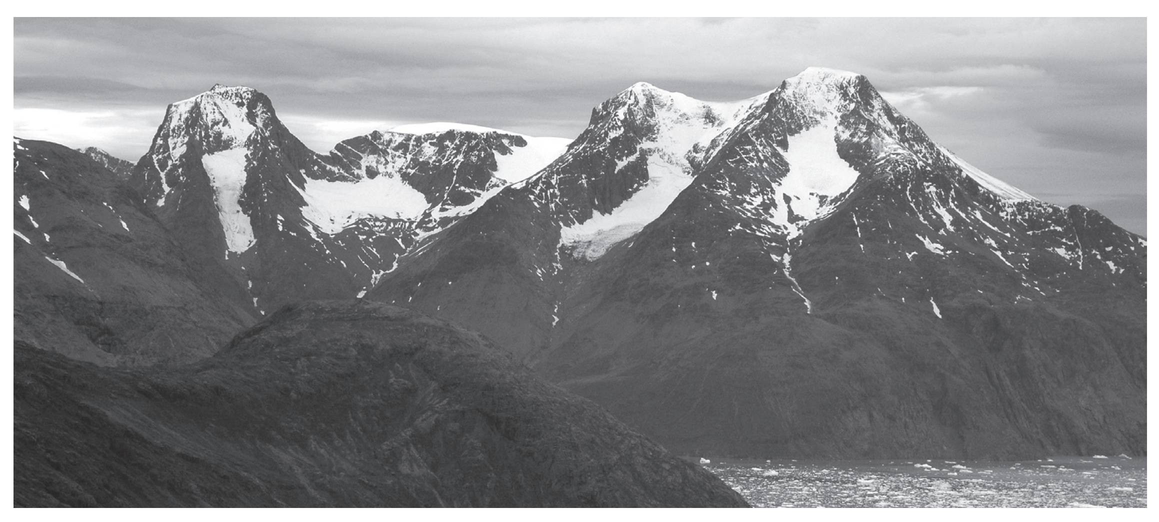
Pour obtenir un tel guide d'onde, il est néanmoins nécessaire de s'assurer que le vortex ne diffracte pas en se propageant, c'est-à-dire que le cœur noir du faisceau ne s'élargit pas au fur et à mesure de sa propagation dans le cristal, ce qui donnerait un guide en forme d'entonnoir. Or, les solitons possèdent ces caractéristiques de propagation. L'objectif de l'équipe a donc été de créer un soliton pour que la taille du guide reste constante. Il s'agit ici d'un soliton noir puisque c'est le centre du faisceau qui se propage sans se modifier. Cela est rendu possible car la modulation d'indice inscrite dans le matériau compense l'effet de diffraction.

Un système permanent et réversible

Le dispositif expérimental a été mis en œuvre et des guides d'onde ont été réalisés. Mieux encore, il est possible d'inscrire plusieurs guides ou de les faire bifurquer pour créer du multiplexage. L'intérêt supplémentaire du dispositif bisontin est qu'il utilise un cristal photoréfractif particulier, le niobate de lithium, pour lequel l'effet induit par le faisceau vortex est non seulement permanent mais aussi réversible. Permanent, parce que si le matériau n'est pas exposé à un rayonnement pour lequel il est photosensible, il garde ses propriétés. Réversible, parce que si au contraire on vient l'éclairer uniformément avec un rayonnement pour lequel ce matériau est photosensible, le guide inscrit est effacé et le matériau est à nouveau vierge et prêt pour l'inscription d'un nouveau guide.

On peut alors envisager – ou rêver – des structures complexes guidantes en 3D, inscrites au cœur des cristaux – et non plus à leur surface –, reconfigurables en fonction des besoins. De tels guides seraient particulièrement utiles dans le domaine des télécommunications. Ce travail expérimental en est au stade de la recherche fondamentale et il s'accompagne d'un énorme travail de modélisation des phénomènes en jeu lors de la propagation du vortex optique dans ces matériaux photoréfractifs. Pour le moment, les temps d'interaction entre la lumière et le cristal pour conférer à ce dernier les propriétés recherchées ne sont pas encore compatibles avec les temps demandés dans les télécommunications. Mais qui sait ?

Contact : Fabrice Devaux
Département d'optique P.M. Duffieux - Institut FEMTO-ST
Université de Franche-Comté / UTBM / ENSMM / CNRS
Tél. 03 81 66 64 27 - Fax 03 81 66 64 23
fabrice.devaux@univ-fcomte.fr



Fjord Narsarsuaq (Groenland)

Une Franche-Comté polaire

Est-ce le climat jurassien ? La maîtrise des techniques de ski et de déplacements sur la neige ? Est-ce un goût particulier pour les voyages ? N'est-ce qu'une question de coïncidences heureuses ? Impossible de savoir pourquoi des explorateurs et scientifiques de renom, spécialisés dans la recherche polaire, viennent de Franche-Comté.

Paul-Émile Victor, par exemple. Né à Genève en 1907, il a grandi entre Saint-Claude et Lons-le-Saunier (Jura), initié au ski et aux balades en peau de phoque sur les pentes du Noirmont et de la Dôle (Haut-Jura). C'est en 1934 que Paul-Émile Victor, alors tout jeune diplômé d'ethnologie, embarque sur le *Pourquoi pas ?* du commandant Charcot qui le dépose sur la côte Est du Groenland. Un premier hivernage (1934 - 1935), la première traversée française à ski du Groenland (1935), un deuxième hivernage avec une famille inuit (1936), font de Paul-Émile Victor, certainement le plus « blanc » des Eskimos (« Kratouna »), un explorateur audacieux et reconnu. Il ne faut alors pas s'étonner de trouver depuis ce temps là une toponymie plutôt originale sur les cartes de la côte Est du Groenland : « glacier de France », « glacier de Franche-Comté », « glacier du Jura », « glacier de Lons-le-Saunier »…

Sur les traces d'Erik le Rouge

2007. Toujours au Groenland, mais plutôt au sud-ouest, une expédition franc-comtoise arrive de nouveau. Son objectif n'est plus d'étudier les mœurs et coutumes des Inuits, mais de retrouver les traces d'une colonie viking. La terre verte – le Greenland – ne l'a été que quelques temps, à l'époque de l'optimum climatique de l'an mil.
Les conditions climatiques sont restées relativement clémentes jusqu'au XIIIe siècle, avant que ne s'amorce le petit âge glaciaire. En 982, justement, débarque sur cette terre Erik le Rouge, banni d'Islande pour avoir commis quelques meurtres. Au terme de trois années, il rentre de nouveau en Islande et vante tant et si bien les mérites du Groenland qu'il repart accompagné de vingt-cinq drakkars emportant mille hommes et femmes. Pendant 400 ans, peu ou prou, la vie s'organise sur place, très marquée par l'idéologie catholique. Aussi, quand les conditions climatiques se dégradent, et avec elles les conditions de navigation, quand les bœufs n'ont plus assez de fourrage… la colonie ne sait s'adapter – alors qu'elle aurait pu adopter les techniques et savoir-faire inuit – et disparaît assez rapidement.

C'est donc dans un temps et un espace connus et restreints que les Vikings ont exploité la terre et s'en sont nourris. Ces conditions sont optimales pour les chercheurs du laboratoire de chrono-écologie de l'université de Franche-Comté, associés à des archéologues de l'université de Bourgogne. En effet, ils cherchent dans les sédiments des lacs les traces des activités humaines qui permettront de reconstituer la façon dont le territoire était exploité : mesurer les changements de la couverture végétale, repérer l'introduction de nouvelles espèces, décrire les pratiques agropastorales, suivre leurs changements

éventuels et mesurer leurs effets sur les sols, et enfin décrire les conséquences écologiques du déclin de ces pratiques au cours du XIV[e] siècle. Dans un environnement où peu d'événements se sont succédé, il y a fort à parier que les signaux recueillis seront relativement clairs et peu brouillés. Ces données seront comparées et interprétées au regard des connaissances acquises par les archéologues et les historiens ayant travaillé sur ces sites.

Petite annonce

Mais revenons à Paul-Émile Victor. Après la seconde guerre mondiale, en 1947, il crée les expéditions polaires françaises. En 1955, il prépare l'année géophysique internationale (AGI), en recrutant pour une toute jeune discipline, la glaciologie. C'est ainsi qu'une petite annonce arrive dans un couloir de l'université de Franche-Comté à Besançon: « Recherche jeunes chercheurs pour participer aux campagnes organisées par l'AGI ». Claude Lorius a 23 ans, il est tout juste diplômé d'études supérieures de physique quand il lit cette annonce. Et ainsi commence la carrière de ce glaciologue de renommée internationale, qui, le premier, en 1965, a eu l'idée d'analyser les bulles d'air emprisonnées dans la glace pour déterminer les atmosphères anciennes et participer à la reconstitution des climats passés. En 1984, Russes, Étasuniens et Français œuvrent à sortir une carotte de 2 200 m de profondeur. « Pour la première fois, nous disposions d'une série non perturbée par l'écoulement de la glace couvrant 150 000 ans, soit l'ensemble du dernier des cycles climatiques qui caractérisent le Quaternaire ».
Pourtant, les premières expéditions de Claude Lorius en Antarctique avaient pour objectif d'évaluer l'accumulation, la température, l'altitude de la surface et de l'épaisseur de la glace, toutes données nécessaires pour modéliser l'écoulement de la calotte glaciaire.

Un zodiac nommé Edgar

C'est un peu ce genre de travail que continue à effectuer le laboratoire de géographie ThéMA de l'université de Franche-Comté, qui, avec le groupe « recherches arctiques », a maintenu en vie la base française « Jean Corbel » au Spitzberg, notamment grâce au soutien de la région Franche-Comté, alors présidée par Edgar Faure. Le zodiac de l'expédition héritera de son prénom. Accompagné d'un consortium européen, le laboratoire dresse un ensemble de capteurs sur un glacier pour suivre en direct les évolutions et comprendre les modes d'écoulements et la circulation de l'eau dans ce système. Les technologies mises en œuvre sont autrement plus précises que celles utilisées par Claude Lorius à ses débuts. Elles permettent d'affiner plus encore les connaissances en ce domaine, notamment en développant une approche dynamique mieux résolue. Financé par l'ANR – agence nationale de la recherche – et la région Franche-Comté et labellisé « année polaire internationale », ce programme, conduit par Madeleine Griselin, a déjà fait l'objet de plusieurs expéditions (cf. *en direct* n° 213, janvier 2007). Notre chercheuse est avant tout une femme de terrain. En 1986, elle organisa la première expédition féminine française qui tenta d'atteindre le pôle Nord à ski. Même si la grande partie de la recherche polaire française n'est pas en Franche-Comté, il est surprenant de constater les coïncidences entre les pôles et la région. Elles se manifestent également par l'installation, en 1989 à Prémanon, village de moyenne montagne du Haut-Jura, du musée européen de l'exploration polaire, à l'initiative de Paul-Émile Victor, devenu en 1998 le centre polaire Paul-Émile Victor.

Claire Dupouët - Stéphane Niveau

Contact : Centre polaire Paul-Émile Victor
Tél. 08 77 51 25 45 - centrepaulemilevictor@wanadoo.fr



Capteurs d'images au Spitzberg

en direct est édité par :

Université de Franche-Comté
1, rue Claude Goudimel
25030 Besançon cedex
Président : Claude Condé
Tél. 03 81 66 50 03

Directeur de la publication :
Claude Condé
Rédaction : Claire Dupouët
Composition : Marie-Pierre Terreaux

Direction de la valorisation
Université de Franche-Comté
Tél. 03 81 66 20 96 / 20 95
Fax 03 81 66 66 70
endirect@univ-fcomte.fr
http://endirect.univ-fcomte.fr

Conception graphique :
Martine & Jeangeorges
http://martine.jgeorges.free.fr
Mise en page et impression :
Imprimerie commune
de l'université de Franche-Comté

En association avec :

Université de technologie
de Belfort-Montbéliard
90010 Belfort cedex
Directeur : Pascal Fournier
Tél. 03 84 58 30 00

École nationale supérieure de
mécanique et des microtechniques
Chemin de l'Épitaphe
25030 Besançon cedex
Directeur : Jean-Claude Gelin
Tél. 03 81 40 27 00

Institut Pierre Vernier
24, rue Alain Savary
25000 Besançon
Directeur : Christian Schuller
Tél. 03 81 66 60 59

Avec le soutien du conseil régional
de Franche-Comté, de la DRIRE,
de la DRRT, des conseils généraux
du Territoire de Belfort et de la
Haute-Saône

ISSN : 0987-254 X - Commission paritaire de presse : 2262 ADEP - 6 numéros par an